

УДК 539.214

О МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВАХ СТАЛИ 30ХГСА ПРИ ПРОСТОМ И СЛОЖНОМ НАГРУЖЕНИЯХ

В.Г. Зубчанинов, А.С. Двужилов, А.В. Федяев, В.И. Гулятьев, А.А. Алексеев

Испытания трубчатых стальных образцов (рис. 1) производились на автоматизированном комплексе СН-ЭВМ (рис. 2) в лаборатории кафедры сопротивления материалов, теории упругости и пластичности Тверского государственного технического университета [1].

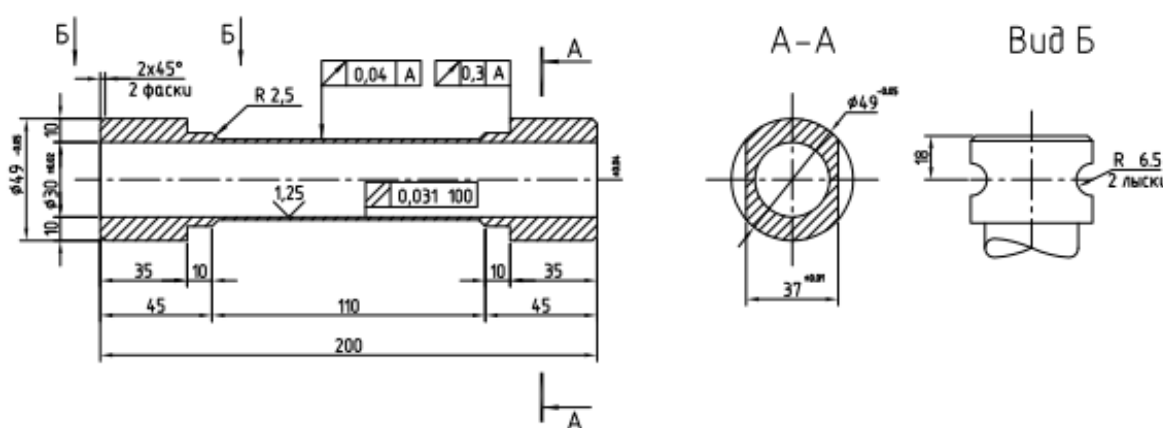


Рис. 1. Вид образца

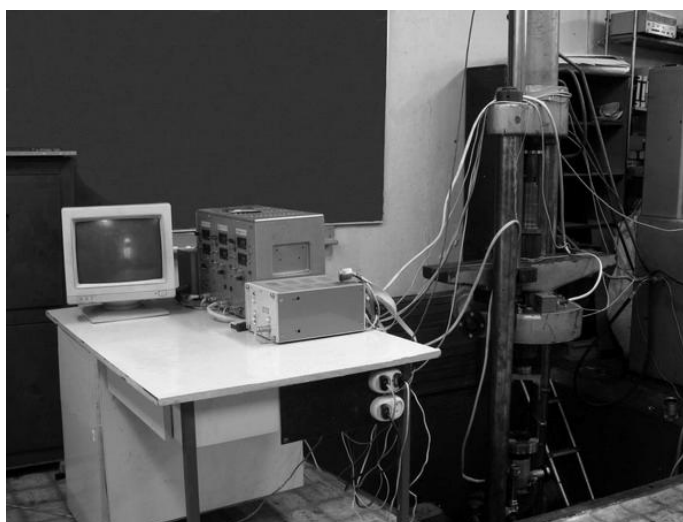


Рис. 2. Испытание при простом нагружении

Построение процессов деформирования реализуется в девиаторном пространстве E_3 А.А. Ильющина. В этом пространстве тензоры напряжений и деформаций (ε_{ij}) для плоских обобщенных задач представляются векторами:

$$\bar{\sigma} = \hat{S}_k i_k, \quad \bar{Y} = \hat{Y}_k i_k \quad (k = 1, 2, 3), \quad (1)$$

где \hat{i}_k – базис этого пространства;

$$\begin{cases} S_1 = \sqrt{\frac{3}{2}}(\sigma_{11} - \sigma_0) = \sqrt{\frac{2}{3}}\left[\sigma_{11} - \frac{1}{2}(\sigma_{22} + \sigma_{33})\right], & S_2 = \frac{\sigma_{22} - \sigma_{33}}{\sqrt{2}}, & S_3 = \sqrt{2}\sigma_{12}, \\ \dot{Y}_1 = \sqrt{\frac{3}{2}}(\varepsilon_{11} - \varepsilon_0) \approx \sqrt{\frac{3}{2}}\varepsilon_{11}, & \dot{Y}_2 = \frac{\varepsilon_{22} - \varepsilon_{33}}{\sqrt{2}}, & \dot{Y}_3 = \sqrt{2}\varepsilon_{12} \end{cases} \quad (2)$$

компоненты векторов напряжений и деформаций;

$$\sigma = \sqrt{S_1^2 + S_2^2 + S_3^2}, \quad \dot{Y} = \sqrt{\dot{Y}_1^2 + \dot{Y}_2^2 + \dot{Y}_3^2} \quad (3)$$

модули векторов напряжений и деформаций соответственно.

При растяжении: $\sigma_{11} > 0$, $\sigma_{22} = \sigma_{33} = \sigma_{12} = 0$, $\varepsilon_{11} > 0$, $\varepsilon_{22} \approx \varepsilon_{33}$. Считаем материал за пределом упругости несжимаемым, то есть $\varepsilon_0 \approx 0$. Эффектом $\dot{Y}_2 \neq 0$ пренебрегаем. Тогда компоненты из (2)

$$\begin{cases} S_1 = \sqrt{\frac{2}{3}}\sigma_{11}, & S_2 = 0, & S_3 = 0, \\ \dot{Y}_1 = \sqrt{\frac{3}{2}}\varepsilon_{11}, & \dot{Y}_2 = 0, & \dot{Y}_3 = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Экспериментально полученная диаграмма $\sigma - \dot{Y}$ приведена на рис. 3.

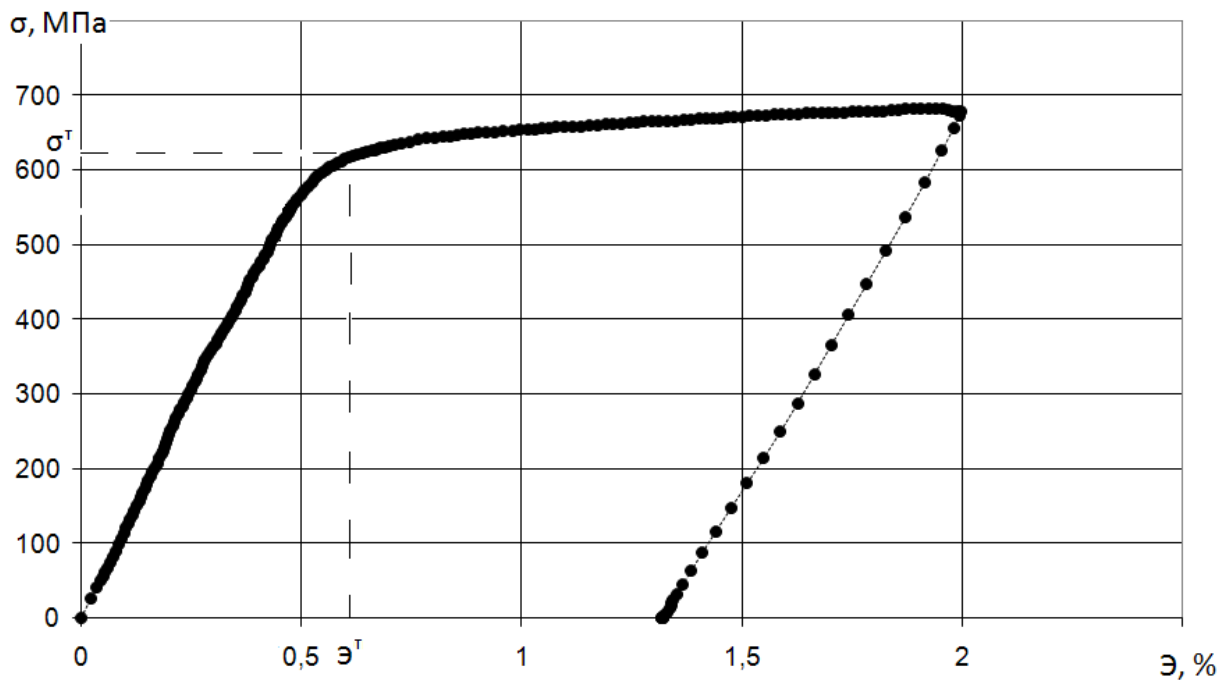


Рис. 3. Диаграмма $\sigma - \dot{Y}$

Согласно обработке этой диаграммы предел текучести $\sigma^0 = \sqrt{\frac{2}{3}}\sigma_0$ оказался равным

$\sigma^0 = 618,3 \text{ МПа}$ ($\sigma_0 = \sqrt{\frac{3}{2}}\sigma^0 = 757,3 \text{ МПа}$) по допуску на остаточную деформацию $\dot{Y}^P = 0,061\%$ ($\varepsilon^P = 0,05\%$).

Упругие постоянные $\mu = 0,3$; $2G = 1,61 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; $E = 2G(1 + \mu)$. Диаграмма растяжения аппроксимируется выражением

$$\sigma = \begin{cases} 2G\dot{\gamma}, \\ \sigma^T + 2G_*\Delta\dot{\gamma} + \sigma_*(1 - e^{-\beta\Delta\dot{\gamma}}), \end{cases} \quad (5)$$

где $\Delta\dot{\gamma} = \dot{\gamma} - \dot{\gamma}^T$.

Используя известную методику [2, 3] для определения параметров $2G_*$, σ_* , β , получаем: $2G_* = 1,449$ МПа, $\sigma_* = 128,17$ МПа, $\beta = 0,43$. На рис. 4 изображены аппроксимированная (кривая 1) и экспериментальная (кривая 2) диаграммы. Их отличия не превышают 2 %.

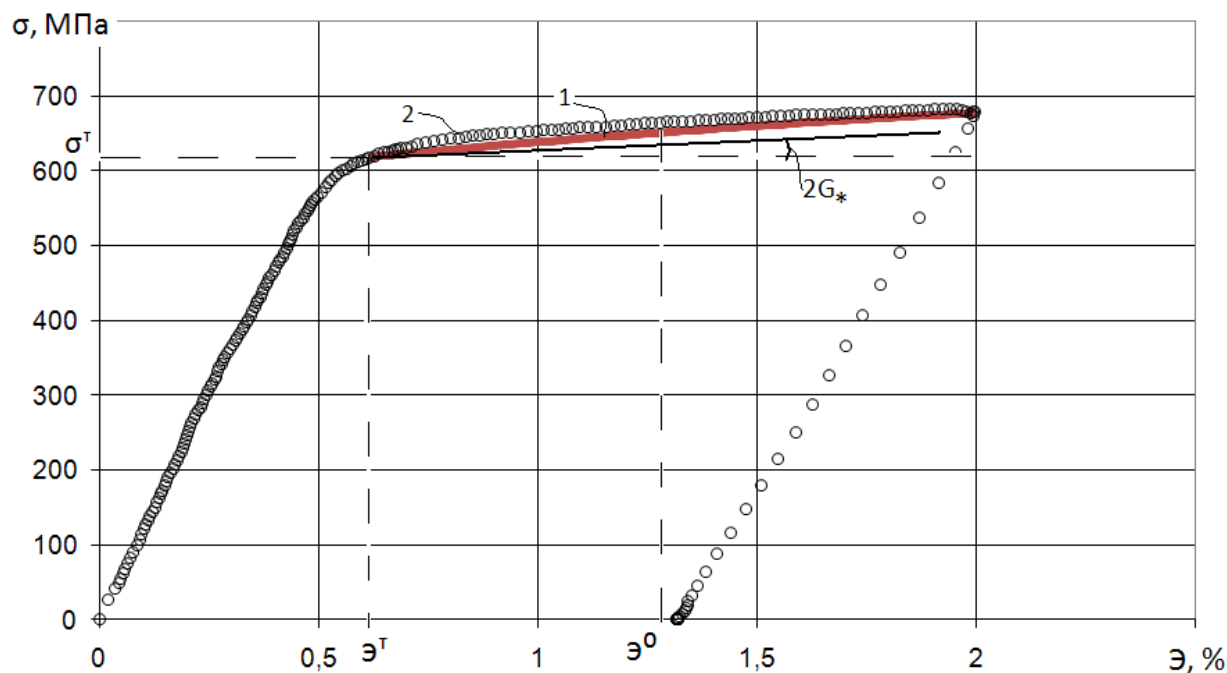


Рис. 4. Диаграммы растяжения

2. Испытание на сложное нагружение по двузвенной ломаной.

Рассмотрим результаты опыта при деформировании трубчатого образца с толщиной стенки $h = 0,729$ мм по двузвенной ломаной траектории деформирования с углом излома 90° (рис. 5).

Диаграмма деформирования $\sigma - \dot{\gamma}$ приведена на рис. 6.

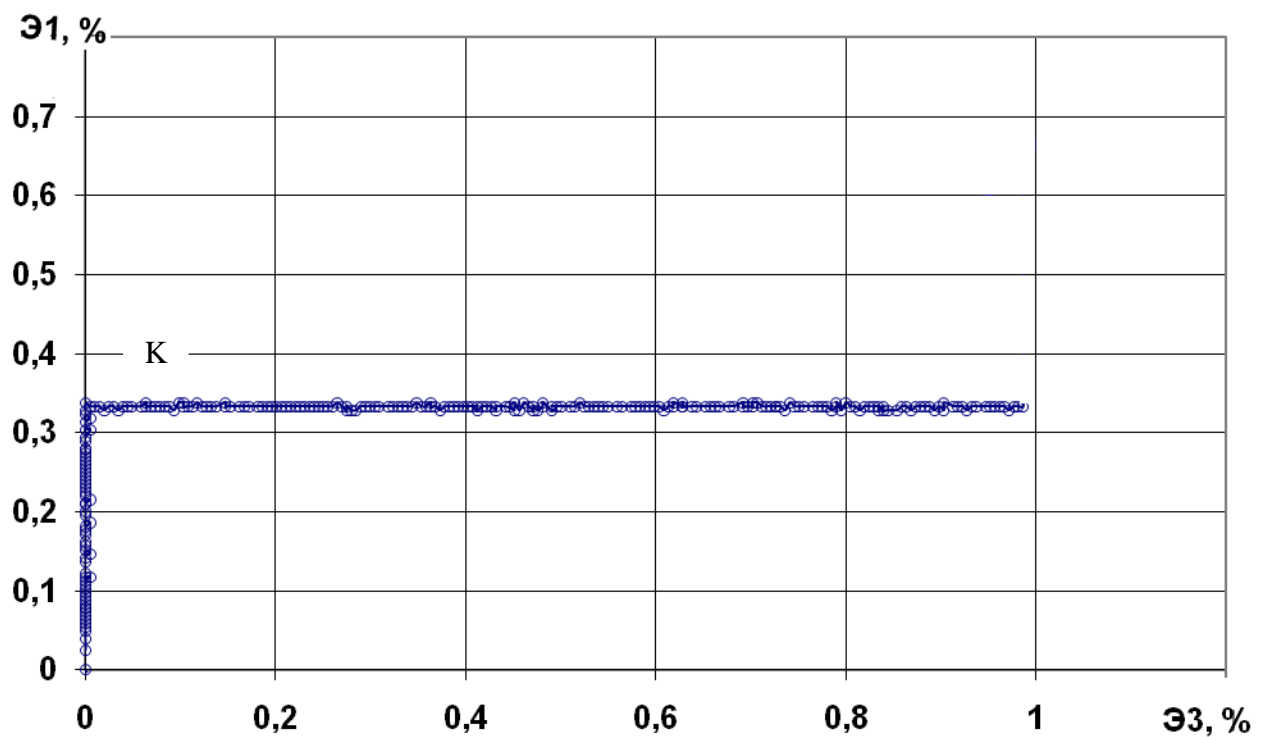


Рис. 5. Результаты опыта при деформировании трубчатого образца

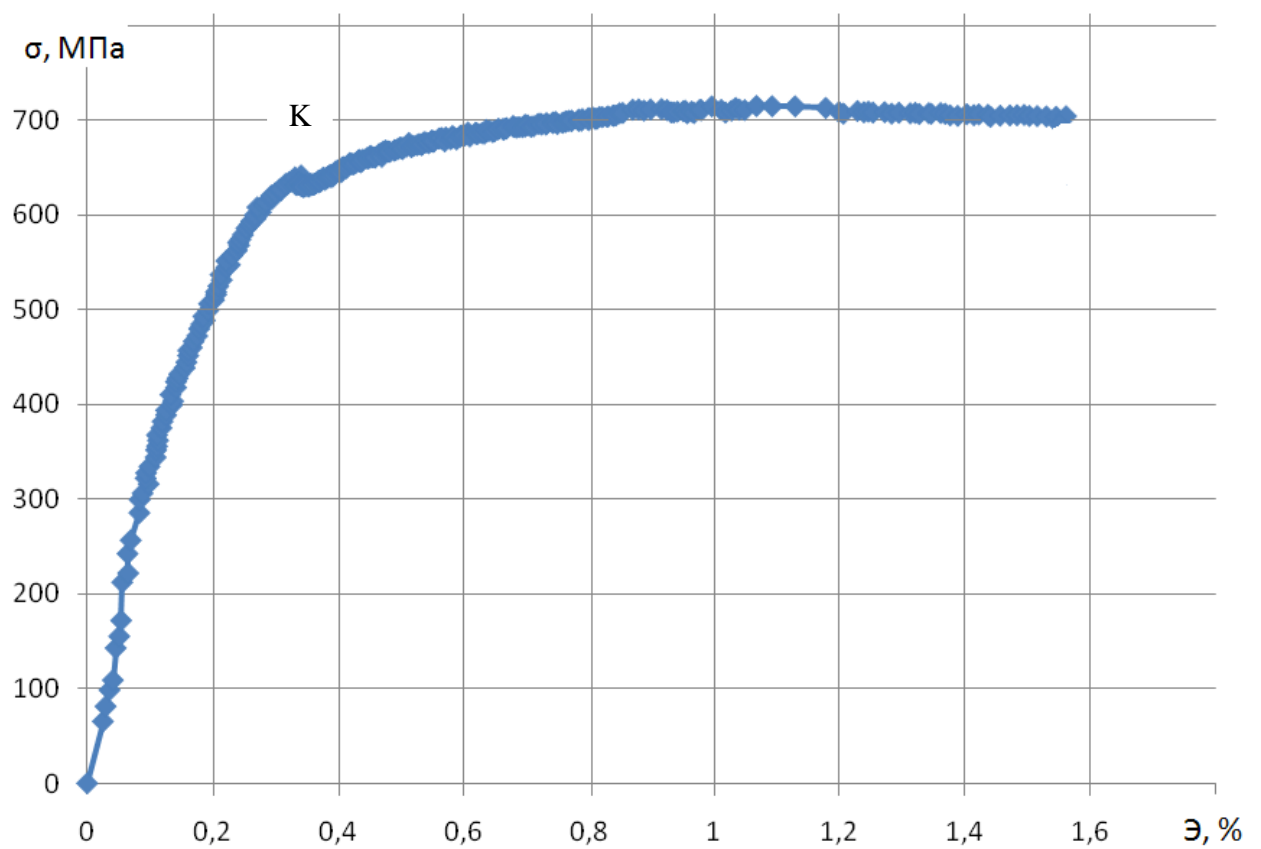


Рис. 6. Диаграмма деформирования $\sigma - \varepsilon$

На диаграмме (рис. 6) можно отметить лишь небольшой прыжок напряжений в точке излома траектории К. Это означает, что влияние сложного нагружения при изломе траектории на 90° , для рассматриваемого материала, является несущественным на

процесс активного нагружения. Следует отметить, что это влияние будет проявляться только при углах излома, больших 90° .

Библиографический список

1. Зубчанинов, В.Г. Экспериментальная пластичность. Книга 1. Процессы сложного деформирования / В.Г. Зубчанинов, Н.Л. Охлопков, В.В. Гараников. Тверь: ТГТУ, 2003. 172 с.
2. Зубчанинов, В.Г. Механика процессов пластических сред / В.Г. Зубчанинов. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 352 с.
3. Зубчанинов, В.Г. Математическая теория пластичности / В.Г. Зубчанинов. Тверь: ТГТУ, 2002. 300 с.